

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-195139

(43)Date of publication of application : 21.07.1999

(51)Int.Cl.

G06T 17/40

G06T 17/20

(21)Application number : 09-360263

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 26.12.1997

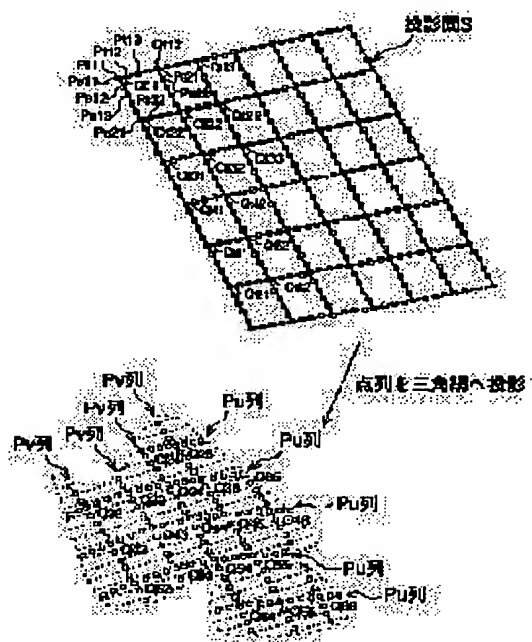
(72)Inventor : SAITO MASARU

(54) SCULPTURED SURFACE GENERATING DEVICE, METHOD THEREFOR AND PROVIDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To easily prepare a smooth sculptured surface.

SOLUTION: Point columns Ps and Pt which are much more finely divided than a point column Qt at the cross point of each patch on a projection plane S are prepared. Those prepared point columns Ps and Pt are projected to a triangulation net so that point columns Pu and Pv can be obtained. Those obtained point columns Pu and Pv are connected so that a splined curve can be generated. The splined curve generates a circular arc with main curvature for a certain end point (a point on the point columns Pu and Pv) on a plane on which a main curvature direction and a tangential direction at the end point are placed, and this is arranged so as to be made adjacent to this end point so that an extrapolated curve can be obtained. Then, a point column Q is prepared based on this extrapolated curve. Thus, a splined curved surface can be prepared based on this prepared point column Q.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-195139

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月21日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

G 0 6 T 17/40
17/20

G 0 6 F 15/62
15/60

3 5 0 K
6 2 2 C

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-360263

(22) 出願日 平成9年(1997)12月26日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 斉藤 勝

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

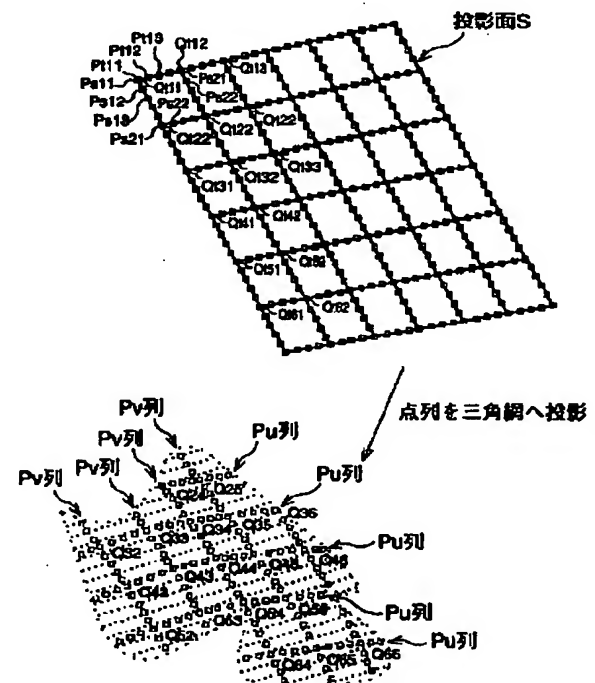
(74) 代理人 弁理士 稲本 義雄

(54) 【発明の名称】 自由曲面生成装置および方法、並びに提供媒体

(57) 【要約】

【課題】 簡易に滑らかな曲面を作成できるようにする。

【解決手段】 投影面S上の各パッチの交点の点列Q tよりさらに細かく区分された点列P s、P tを作成する。この作成された点列P s、P tを三角網に投影することにより、点列P u、P vが得られる。この得られた点列P u、P vを結ぶことにより、スプライン曲線を生成する。このスプライン曲線は、ある端点(点列P u、P v上にある点)における主曲率方向と接線方向がのる平面上において、この端点に対して主曲率で円弧を生成し、さらにこの端点に接するように配置し、補外曲線とする。この補外曲線を基に点列Qを作成する。この作成された点列Qを元にスプライン曲面を作成する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 空間的な広がりを持つ所定の点群データに対応する自由曲面を生成する自由曲面生成装置において、

前記点群データを囲む曲線を作成する曲線作成手段と、
前記曲線作成手段により作成された曲線を点群化する点群化手段と、

前記点群化手段により作成された点群を前記点群データを基に作成された三角網に投影する投影手段と、
前記投影手段により投影された点群からスプライン曲線を作成するスプライン曲線作成手段と、

前記スプライン曲線の端点を補外し、補外して得られた点を前記投影された点群に追加する補外追加手段とを備えることを特徴とする自由曲面生成装置。

【請求項 2】 前記補外追加手段は、前記スプライン曲線の端点の接線方向と主曲率方向とがのる平面上において、

前記スプライン曲線に接するようにして、前記端点の主曲率で曲線が生成される曲線生成手段をさらに備え、
前記点群化手段より生成された点を通る直線から最短距離にある前記曲線生成手段により生成された曲線上の点が、前記補外して得られた点であることを特徴とする請求項 1 に記載の自由曲面生成装置。

【請求項 3】 空間的な広がりを持つ所定の点群データに対応する自由曲面を生成する自由曲面生成方法において、

前記点群データを囲む曲線を作成する曲線作成ステップと、

前記曲線作成ステップで作成された曲線を点群化する点群化ステップと、

前記点群化ステップで作成された点群を前記点群データを基に作成された三角網に投影する投影ステップと、
前記投影ステップで投影された点群からスプライン曲線を作成するスプライン曲線作成ステップと、
前記スプライン曲線の端点を補外し、補外された点を前記投影された点群に追加する補外追加ステップとを備えることを特徴とする自由曲面生成方法。

【請求項 4】 空間的な広がりを持つ所定の点群データに対応する自由曲面を生成する自由曲面生成装置に用いられるコンピュータプログラムにおいて、

前記点群データを囲む曲線を作成する曲線作成ステップと、

前記曲線作成ステップで作成された曲線を点群化する点群化ステップと、

前記点群化ステップで作成された点群を前記点群データを元で作成された三角網に投影する投影ステップと、
前記投影ステップで投影された点群からスプライン曲線を作成するスプライン曲線作成ステップと、

前記スプライン曲線の端点を補外し、補外された点を前記投影された点群に追加する補外追加ステップとを備え

るコンピュータプログラムを提供することを特徴とする提供媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、自由曲面生成装置および方法、並びに提供媒体に関し、特に、投影面を 3 次元測定装置により測定された点群に投影する際、データを補足することにより、滑らかな自由曲面を生成するようにした自由曲面生成装置および方法、並びに提供媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、CAD (Computer Aided Design) / CAM (Computer Aided Manufacturing) システムを用いて、コンピュータ上の仮想的な空間に所望の形状を表現し、これを適宜修正することで、自由曲面を有する物体の形状をデザインすることが可能となっていた。

【0003】CAD/CAM システムにおいては、所望の曲線が通過する点 (節点) をいくつか入力し、この入力された複数の節点を結ぶ境界曲線網を所定のベクトル関数を用いてコンピュータに演算させることにより、ワイヤフレームで表現された曲面が作成される。このようにして境界曲線によって囲まれた多数の枠組み空間を形成することができる (以下、このような処理を、枠組み処理と記述する)。

【0004】枠組み処理により形成された境界曲線網は、それ自体ではユーザが所望としている形状の大まかな形状を表現しており、さらにベクトル演算を用いて補間演算されることにより、自由曲面にされる。ここで、各枠組み空間に張られた曲面は、全体の曲面を構成する基本要素を形成し、これはパッチと呼ばれている。

【0005】上述したベクトル演算には、ベジエ (Bezier) 式や B-スプライン (B-Spline) 式でなる 3 次テンソル積が用いられており、これらの方式は、例えば、形状的に特殊な特徴がないような自由曲面を数式表現するのに適している。すなわち形状的に特殊な特徴のないような自由曲面は、空間に与えられた点を $x-y$ 平面上に投影したとき、その投影された点が規則的にマトリクス状に並んでいることが多く、この投影点の数が $m \times n$ で表されるとき、枠組み空間を 3 次ベジエ式で表される四角形のパッチを用いて、容易に形成できる。

【0006】しかしながら、この数式表現は、形状に特徴のある曲面、例えば、大きく歪んだ形状を持つ曲面などに適用する際には、データ量が増え、パッチの相互間の接続が困難になり、高度な数学的演算処理を実行する必要があるため、コンピュータによる演算処理が複雑かつ膨大になり、コンピュータを用いたとしても、その演算時間が膨大になるという課題があった。

【0007】この課題を解決する方法として、隣り合う枠組みの空間の共有境界に付いて、接平面連続の条件を

満足するような内部の制御点を求め、この内部の制御点によって決定される自由曲面を表すベクトル関数によって、自由曲面でなるパッチを張る方法も提案されている（例えば、特公平 3-27950 号）。

【0008】上述した 3 次元の形状を作成するには、通常、2 次元管面を用いて形状を表示し、適宜回転、移動、拡大、および縮小等の操作がされる。これらの操作に使用される入力装置は、キーボード、マウス等などの 2 次元的な装置である。3 次元的な自由曲面形状を、2 次元的な入力装置を用いて作成するには、相応の熟練が 10 必要であるとともに、時間を要することになる。

【0009】そこで、実在する所定の模型に対して、例えば、3 次元測定装置などを用いて、立体的な模型の形状を測定し、この測定の結果得られたデータ（点群）を基に三角網を構成し、求めた各三角網に対して疑似法線ベクトルを算出し、この疑似法線の情報から特徴的な部分を抽出したり、三角網内を曲面補間して任意の部分の情報を得られるように情報を補い、その情報を基にして、CAD/CAM でデータを再構築する方法が、提案 20 されている（例えば、特願平 9-185905）。この方法によれば、点群情報を参照しながら、所望の形状を得ることができる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した方法によると、複雑な輪郭を持つ点群の場合、点群の存在しない部分の情報は得ることができず、その輪郭に合わせて曲面を生成するのに時間を要していた。また、測定点群には誤差が含まれている場合があり、この誤差のため、生成された曲面が歪みを生じている場合があるので、この修正にも時間を要していた。

【0011】本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、投影面を測定点群に投影するときに不足するデータを補足することにより、歪みを含まない滑らかな曲面を生成できるようにするものである。

【0012】

【課題を解決するための手段】請求項 1 に記載の自由曲面生成装置は、点群データを囲む曲線を作成する曲線作成手段と、曲線作成手段により作成された曲線を点群化する点群化手段と、点群化手段により作成された点群を点群データを基に作成された三角網に投影する投影手段と、投影手段により投影された点群からスプライン曲線を作成するスプライン曲線作成手段と、スプライン曲線の端点を補外し、補外して得られた点を投影された点群に追加する補外追加手段とを備えることを特徴とする。

【0013】請求項 3 に記載の自由曲面生成方法は、点群データを囲む曲線を作成する曲線作成ステップと、曲線作成ステップで作成された曲線を点群化する点群化ステップと、点群化ステップで作成された点群を点群データを基に作成された三角網に投影する投影ステップと、投影ステップで投影された点群からスプライン曲線を作 50

成するスプライン曲線作成ステップと、スプライン曲線の端点を補外し、補外された点を投影された点群に追加する補外追加ステップとを備えることを特徴とする。

【0014】請求項 4 に記載の提供媒体は、点群データを囲む曲線を作成する曲線作成ステップと、曲線作成ステップで作成された曲線を点群化する点群化ステップと、点群化ステップで作成された点群を点群データを元に作成された三角網に投影する投影ステップと、投影ステップで投影された点群からスプライン曲線を作成するスプライン曲線作成ステップと、スプライン曲線の端点を補外し、補外された点を投影された点群に追加する補外追加ステップとを備えるコンピュータプログラムを提供することを特徴とする。

【0015】請求項 1 に記載の自由曲面生成装置、請求項 3 に記載の自由曲面生成方法、および請求項 4 に記載の提供媒体においては、点群データを囲む曲線が作成され、作成された曲線が点群化され、作成された点群が点群データを元に作成された三角網に投影され、投影された点群からスプライン曲線が作成され、スプライン曲線の端点が補外され、補外された点が投影された点群に追加される。

【0016】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態を説明するが、特許請求の範囲に記載の発明の各手段と以下の実施の形態との対応関係を明らかにするために、各手段の後の括弧内に、対応する実施の形態（但し一例）を付加して本発明の特徴を記述すると、次のようになる。但し勿論この記載は、各手段を記載したものに限定することを意味するものではない。

【0017】請求項 1 に記載の自由曲面生成装置は、点群データ（例えば、図 3 の点群 A）を囲む曲線を作成する曲線作成手段（例えば、図 3 の投影面 S）と、曲線作成手段により作成された曲線を点群化する点群化手段（例えば、図 2 のステップ S 6）と、点群化手段により作成された点群を点群データを基に作成された三角網に投影する投影手段（例えば、図 2 のステップ S 7）と、投影手段により投影された点群からスプライン曲線を作成するスプライン曲線作成手段（例えば、図 2 のステップ S 8）と、スプライン曲線の端点を補外（例えば、図 2 のステップ S 9）し、補外して得られた点を投影された点群に追加する補外追加手段（例えば、図 2 のステップ S 15）とを備えることを特徴とする。

【0018】請求項 2 に記載の自由曲面生成装置の補外追加手段は、スプライン曲線の端点の接線方向と主曲率方向とがのる平面上（例えば、図 10 の平面）において、スプライン曲線に接するようにして、端点の主曲率で曲線が生成される曲線生成手段（例えば、図 10 の補外した円弧 E）をさらに備え、点群化手段より生成された点を通る直線（例えば、図 11 の直線 L）から最短距離にある曲線生成手段により生成された曲線上の点（例

えば、図11の最差点B)が、補外して得られた点であることを特徴とする。

【0019】図1は、本発明の自由曲面生成装置12を適用したCAD/CAMシステム1の実施の形態の構成を示すブロック図である。3次元測定装置11は、外部から供給される指示に従い、所定の形状を有する模型に対して空間的な形状を測定し(モックから形状データを取り込み)、形状に対応する所定の点群データを生成し、自由曲面生成装置12に供給するようになされている。

【0020】ユーザは、キーボードやマウスなどの入力デバイスで構成された入力装置13を操作することにより、自由曲面生成装置12に対し、所定の操作に対応する各種の動作を指示することができるようになされている。

【0021】自由曲面生成装置12は、入力装置13を介して入力されるユーザからの指示に従い、3次元測定装置11より入力された点群データを基に、仮想空間に所定の形状に対応する自由曲面や修正した自由曲面を生成し、表示装置14に表示させるようになされている。従って、ユーザは、表示装置14に表示された自由曲面を参照しながら、所望の修正処理を自由曲面生成装置12に指示することができる。また、自由曲面生成装置12は、ユーザからの指示に対応して、生成した自由曲面のデータを工具経路作成装置15に供給するようになされている。

【0022】工具経路作成装置15は、自由曲面生成装置12からの自由曲面のデータを基に、オフセットポリゴン上の工具駆動経路を規定した切削加工用のデータを生成し、フロッピディスク16に記録するようになされている。マシニングセンタに設置されたNCミーリングマシン17は、フロッピディスク16に記録された切削加工用のデータを用いて、その具備するNCフライス盤を駆動し、切削加工用のデータに対応する所定の製品の金型を生成するようになされている。なお、データは、フロッピディスク16を介さずに工具経路作成装置15からNCミーリングマシン17に直接供給するようにしてもよい。

【0023】次に、CAD/CAMシステム1の処理動

$$[R_{i+1j}] = E[R_{ij}] \quad \dots (1)$$

$$[R_{ij+1}] = F[R_{ij}] \quad \dots (2)$$

$$[T(u, v)] = \{ (1-u)E \}^{-3} \{ (1-u)F \}^{-3} [R00] \\ (0 \leq u \leq 1, 0 \leq v \leq 1) \quad \dots (3)$$

【0029】ステップS3において、自由曲面生成装置12は、集合点を構成する点について、三角網を形成する。ここで、このステップで形成される三角網について、図5を用いて説明する。図5に示すように、自由曲面生成装置12内の仮想空間(3次元空間)において、分割された1つの集合点を構成する点(1つのグル

作について、図2のプロチャートを参照し、説明する。

【0024】いま、3次元測定装置11より、所定の物体(模型)の形状に対応する点群データが、自由曲面生成装置12に入力され、ユーザが、入力装置13の所定の操作により、自由曲面生成装置12に対して、点群データに対応する自由曲面の生成を指示したものとす

【0025】自由曲面生成装置12は、ステップS1において、ユーザからの指示に対応して、取り込まれた点群データに対し、空間的に近くに位置する同位相の所定数の点(例えば、物体の同一の面を構成する点)をグループ化して、集合点を生成する。すなわち、このステップで、点群データは所定の数の点により構成される複数の集合点に分割される。具体的には、取り込まれた点群データが、その模型の基本的な各面毎のデータに区分される。

【0026】ステップS2において、ステップS1において構成された集合点に対し、図3に示すように、投影方向Dから点群A(以下、本明細書においては、集合点の集まりを点群と記述する)を見て、点群Aを囲むような格子状の枠組み曲線で構成される投影面Sを作成する。また、この投影面Sを自由曲面生成装置12に自動的に作成させる場合、自由曲面生成装置12は、最初、等分割で格子状の曲線を作成し、その生成された格子状の曲線に対して、誤差の大きい所をさらに分割し、新たな格子状の曲線を生成することにより、投影面Sを作成する。

【0027】また、図4に示したような点群Bに対しては、ユーザが、この点群Bの特徴を判断し、その判断結果に対応して入力装置13から所定の入力を行って、点群Bを分割し、投影面Tを作成させるようにした方が、自由曲面生成装置12に自動的に作成させるよりも良い。ここでは、図3の点群Aを用いて、説明をする。

【0028】投影面Sは、ベジエ式を用いた3次ベジエ曲面パッチとする。3次ベジエ曲面は、制御点に対応する16個の位置ベクトルを[R00]乃至[R33]([は、ベクトルを表す。以下この明細書においては、ベクトルを[]で表す)とし、シフト演算子E、Fを式(1)、式(2)のように定義すると、式(3)で表すことができる。

ープの点)が空間的に所定の位置に配置されている。ステップS3の三角網生成方法においては、3次元のこれらの点を、所定の平面(図中、xy平面)上へ投影し、投影された点について、ドロネーの三角網(3つの点の外接円の中に、他の点が存在しないようにして選んだ3つの点により構成される三角網)を形成するように3つ

の点の組み合わせを決定する。そして、この平面上の組み合わせを、空間上の点に適用することで、空間上(3次元)の三角網を形成する。このようにして、所定の集合点に対し、三角網が形成される。

【0030】ステップS4において、全てのグループについて、三角網が形成されたか否かが判断される。全てのグループについて、三角網が形成されていないと判断された場合、ステップS3に戻り、それ以降の処理が繰り返して実行される。

【0031】一方、ステップS4において、全てのグループに対して三角網が形成されたと判断され場合、ステップS5に進む。自由曲面生成装置12は、ステップS5において、三角網が形成されたグループ同士を所定の規則に従い、合成する。すなわち、これにより、6面がそれぞれ三角網で形成された立体形状のデータが得られたことになる。

【0032】このように形成された三角網と、投影面S

$$u = i/n \quad (i = 0, 1, 2, \dots, n) \quad \dots (4)$$

とし、次式に示すように表される。

$$[R_{i+1}] = F[R_i]$$

$$[C(u)] = \{ (1-u+uE)^{-3} [R_0] \quad (0 \leq u \leq 1) \quad \dots (5)$$

この式により、図7に示したように、投影面S上に縦横方向の点列 P_s 、 P_t が得られる。このように、点列Qを得るために、パッチのエッジを点列 P_s 、 P_t のようになるのは、点群Aの情報をより詳細に得るためである。

【0034】ステップS7において、この点列 P_s 、 P_t を三角網に投影する。投影して得られた点列 P_u 、 P_v のうち、投影面Sの各パッチの4隅の点群 Q_t を投影した点群Qは、そのまま採用する。

【0035】ステップS8において、投影されなかった点列Qを求めるために、図8に示すように、投影した点列 P_u 、 P_v から、点列の流れを継承するようなスプライン曲線 U_u 、 U_v を生成する。この2本のスプライン曲線 U_u 、 U_v は、補外することが目的であり、点群の端点部分における特徴を表現する必要がある。ここで、単純に点列 P_u 、 P_v を用いて点間にスプライン曲線 U_u 、 U_v を生成すると、端点部分で点列の流れの特徴が得られないことがある。これは、3次元測定装置11で得られた点群には誤差が含まれており、この誤差によつ

$$\max \min l = \max (\min dis (U_i, P_{jk})) \quad \dots (6)$$

【0038】式(6)により求められた値が、 $\max \min l \leq \epsilon p s 1$ を満たすとき、そのスプライン曲線 U_u 、 U_v を採用する。 $\epsilon p s 1$ は、点群の質や、求める精度により決定される値である。もし、これを満たさない場合には、通過点を増やして繰り返し計算し、目的のスプライン U_u 、 U_v を得る。

【0039】ステップS9において、以上のようにして求められたスプライン曲線 U_u 、 U_v の端点部分を補外

との関係を示したのが、図6である。投影面Sの下に三角網で形成された物体が存在している。そして、投影方向D、換言すると、投影面Sの上方から光をあて、三角網で形成された物体上に、投影面S上の点列 Q_t を投影させることにより、点列Qと、点列Qから形成されるスプライン曲線T(後述)が生成される。従って、スプライン曲線Tは、点群Aの性質を受け継いでいる。しかしながら、投影するだけでは全ての点列Qを求めることはできない。なぜならば、場所により、点列 Q_t の投影対象となる三角網が存在しないので、点列Qを生成することはできない。このような投影されない点列とは、例えば、図6中に示した Q_{t11} 乃至 Q_{t13} 、 Q_{t21} 、 Q_{t22} 、 Q_{t31} である。このような点列に対しては、後述する補外により点列Qを求める。

【0033】ステップS6において、投影面S上の枠組み曲線(パッチ)を点群化する。投影面Sの各パッチは、パラメータ u を、

て、曲線の端点部分における方向が大きすぎてしまうからである。端点部分のわずかなずれが、接線方向に及ぼす影響を、図9を用いて説明する。

【0036】図9では、本来あるべき端点と、誤差を含んだ端点を示している。これらの端点から生成される、正しいスプライン曲線と誤差を含むスプライン曲線、2本のスプライン曲線も示している。さらにそれらのスプライン曲線、それぞれに対して生成される接線を表している。この生成された2本の接線を見るとわかるように、互いに異なる方向を向いている。このように、わずかな端点の誤差により、大きくスプライン曲線の方向が異なる場合がある。

【0037】以上のことを考慮に入れ、スプライン曲線 U_u 、 U_v は、以下に示すように生成される。点群 P_s 、 P_t のうち、点間の距離がほぼ均等になるような4点を選び、スプライン曲線を生成した後、スプライン曲線 U_u 、 U_v と、各点 P_s 、 P_t の最短距離($\min dis (U_i, P_{jk})$)の最大値(\max)を次式により求める。

する。図10に示すように、スプライン曲線 U_u 、 U_v の端点における主曲率方向と接線方向を含む平面上に、端点における主曲率で円弧Eを生成し、端点に接するように配置して補外曲線とする。

【0040】ステップS10において、図11に示すように、上述したように補外した円弧Eと、直線Lとの最短点Bを求め、直線L側の最短点 B_u 、 B_v を採用する。ここで、直線Lは、点列 Q_t を通る投影方向Dの直

線である。

【0041】ステップS11において、縦、横の両方向からの交点が求まったか否かが、判断される。換言すれば、スプライン曲線Uu上にある最短点Buとスプライン曲線Uv上にある最短点Bvが求められたか否かを判断する。求められていると判断された場合、ステップS14に進み、最短点Bu、Bvから点列Qを得る。点列Qは、縦方向と横方向（スプライン曲線Uu、Uv）の曲線の両方の性質を持ち合わせなくてはならないため、最短点Bu、Bvを次式に従って、平均化することにより、点列Qを得る。

$$Q = (Bu + Bv) / 2 \quad \dots (7)$$

【0042】一方ステップS11において、点Bu、Bvが求められないと判断された場合、ステップS12に進み、最短点Buまたは最短点Bvのうち、どちらか一方でも求められたか否かが判断される。どちらか一方の点のみ求められていると判断された場合、ステップS

$$\maxmin2 = \max(\min dis(A_i, T)) \quad \dots (8)$$

【0045】ユーザは、ステップS17において、ステップS16までの処理において作成された自由曲面が所望の自由曲面であるか否かを判断する。所望の自由曲面でないと判断された場合、ステップS18に進み、自由曲面の再構成が行われる。再構成は、ユーザが投影面Sの分割部分を変更、または、自由曲面生成装置12により変更させる。そして、ステップS6以下の処理が繰り返される。

【0046】一方ステップS17において、ユーザが所望の自由曲面であると判断した場合、自由曲面の生成の処理は終了される。そして、最終的に表示装置14に表示される自由曲面は、図12に示したように、スプライン曲面Tが枠線でトリミング処理された状態である。

【0047】このように、投影面Sの格子点を投影する際に、不足する情報を補うために補外処理を行うことにより、滑らかな自由曲面を得ることが可能となる。

【0048】なお、上述した各処理を行うコンピュータプログラムは、磁気ディスク、CD-ROMなどの記録媒体を介してユーザに提供するほか、インターネット、デジタル衛星などのネットワークを介してユーザに伝送し、これをハードディスク、メモリなどの記録媒体に記録することで提供させるようにしても良い。

【0049】

【発明の効果】請求項1に記載の自由曲面生成装置、請求項3に記載の自由曲面生成方法、および請求項4に記載の提供媒体によれば、点群データを囲む曲線を作成し、作成された曲線を点群化し、作成された点群を点群データを元に作成された三角網に投影し、投影された点群からスプライン曲線を作成し、スプライン曲線の端点

13に進み、求まっている最短点Buあるいは最短点Bvを、曲面上の点として採用する。

【0043】ステップS13またはステップS14の処理が終了すると、ステップS15に進む。ステップS15においては、ステップS13またはステップS14において採用された点列Qをスプライン曲線Uu、Uv上に追加し、ステップS9に戻り、それ以降の処理が繰り返される。このようにすることにより、全ての点列Qが求められ、この求められた点列Qを用いることによりスプライン曲面T（図6）が作成される。

【0044】一方、ステップS12において、点Buまたは点Bvのうち、どちらも求められていないと判断された場合、ステップS16に進み、点群Aとスプライン曲面Tの最短距離（ $\min dis(A_i, T)$ ）の最大値（ \max ）を次式に従って求め、求められた値が、 $\maxmin2 \leq \epsilon p s 2$ を満たすとき、一旦自由曲面の作成は終了される。

を補外し、補外された点が投影された点群に追加されるようにしたので、歪みを含まない滑らかな自由曲線を作成することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用したCAD/CAMシステムの構成例を示すブロック図である。

【図2】図1のシステムの動作を説明するフローチャートである。

【図3】点群と投影面との関係を説明する図である。

【図4】点群と投影面との他の関係を説明する図である。

【図5】三角網を説明する図である。

【図6】スプライン曲面の形成を説明する図である。

【図7】パッチの点列を求め、その点列を三角網に投影する際の処理を説明する図である。

【図8】2本のスプライン曲線について説明する図である。

【図9】スプライン曲線の端点のずれが接線方向を変え例を示す図である。

【図10】スプライン曲線の補外を説明する図である。

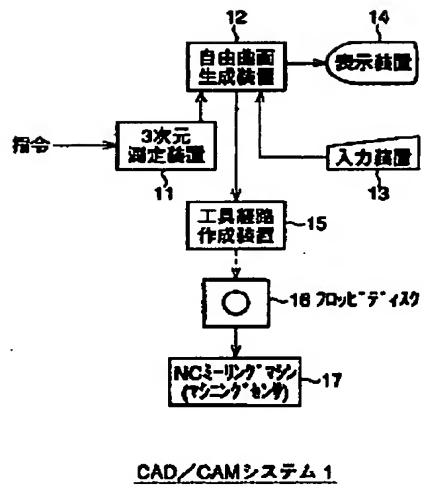
【図11】補外した円弧と直線との関係を説明する図である。

【図12】生成された自由曲面をトリミング処理した図である。

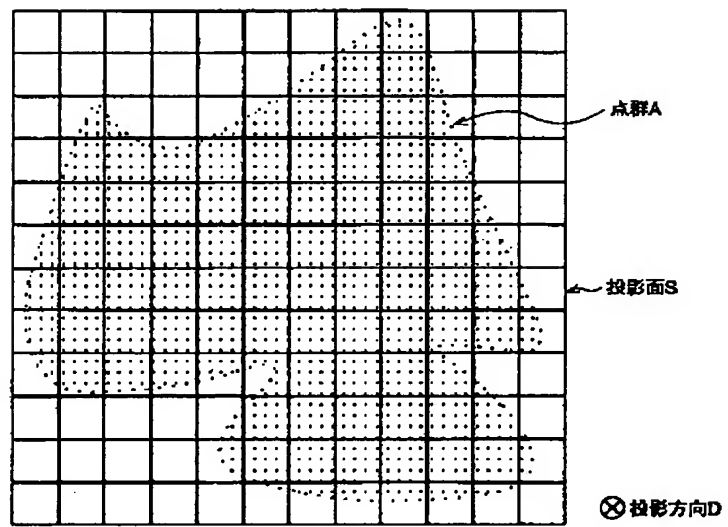
【符号の説明】

11 3次元測定装置、 12 自由曲面生成装置、
13 入力装置、 14 表示装置、 15 工具経路作成装置、 16 フロッピディスク、 17 NCミールリングマシン

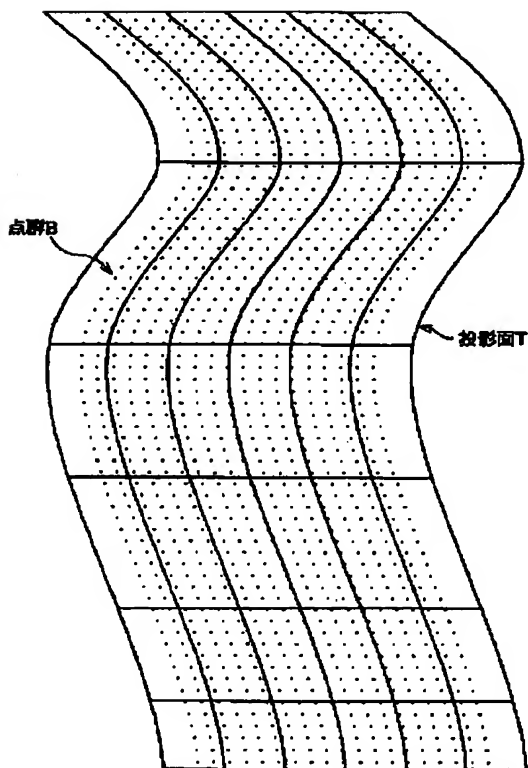
【図1】



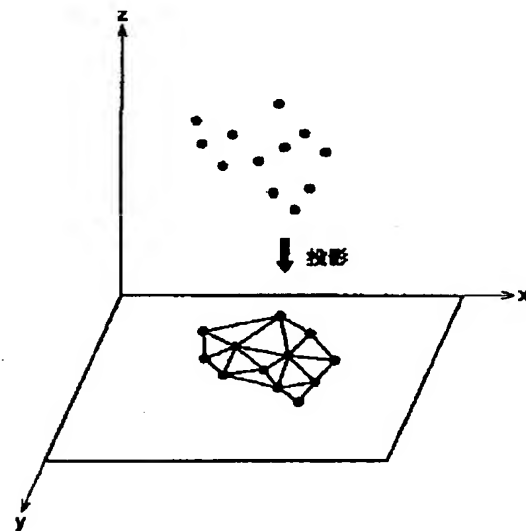
【図3】



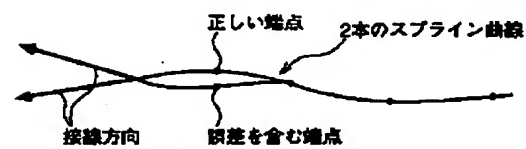
【図4】



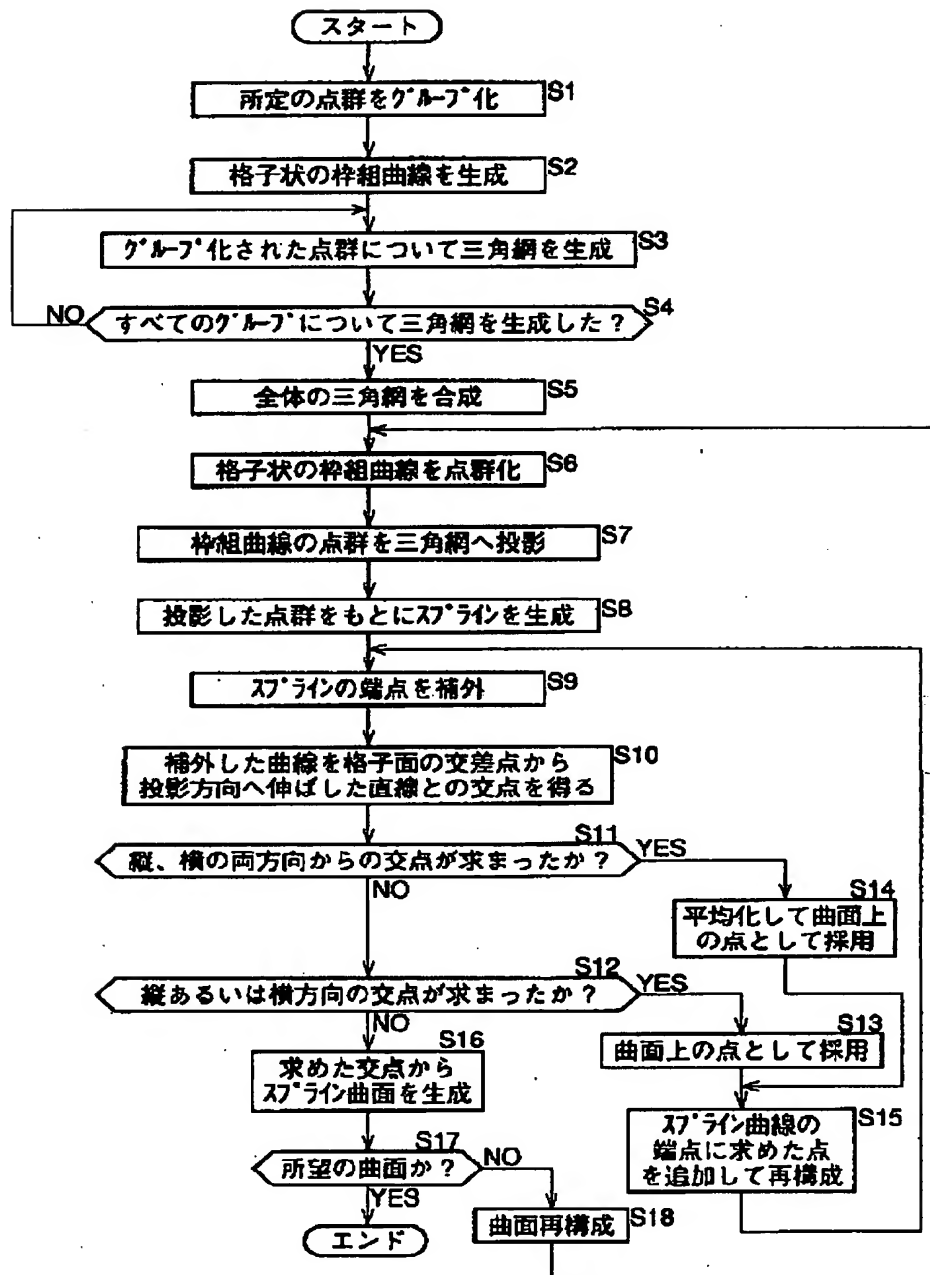
【図5】



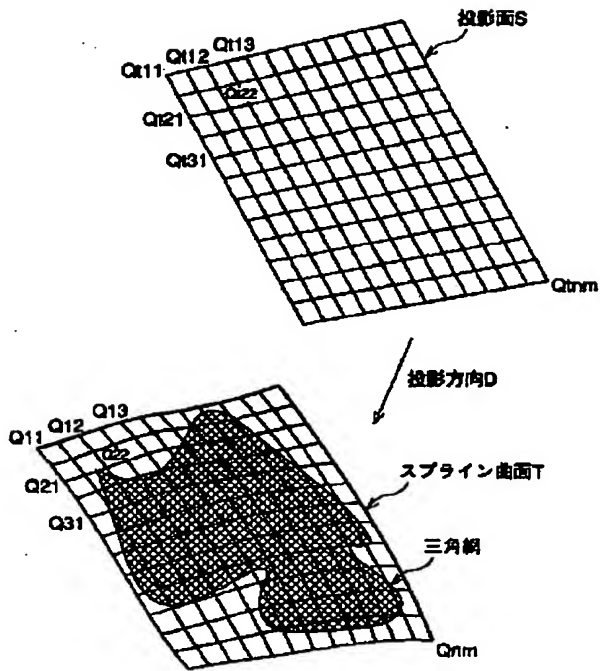
【図9】



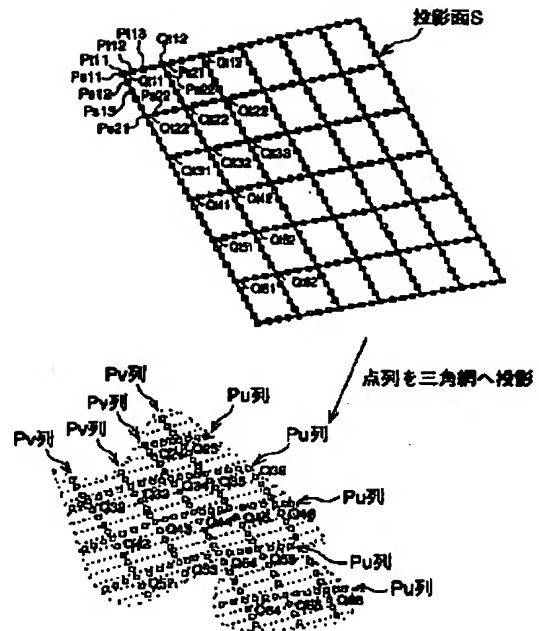
【図2】



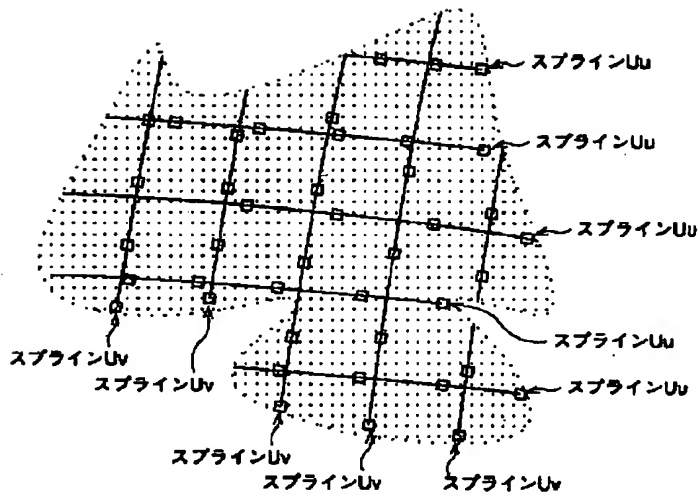
【図 6】



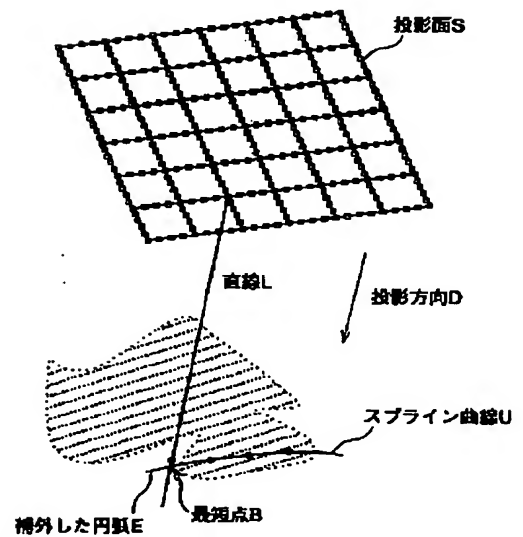
【図 7】



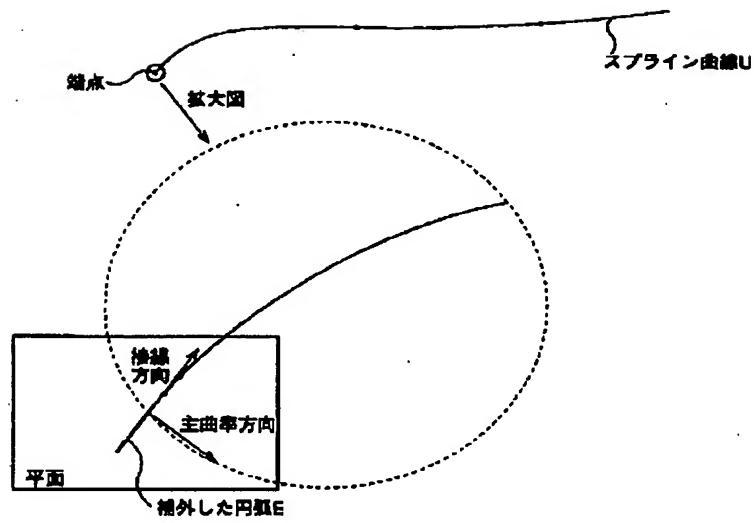
【図 8】



【図 11】



【図10】



【図12】

